辣木叶对育肥猪生长性能、屠宰性能、抗氧化功能和肉品质的影响[1]

张婷婷[1] 张 博[2] 司丙文[1] 张乃锋[1] 屠 焰[1] 周朝龙[3] 刁其玉[1*]

（1.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081；2.山西农业大学动物科技学院，太谷 030801；3.世纪爱心国际投资集团有限公司，北京 100010）

摘 要：本试验旨在研究饲粮添加不同水平的辣木叶对育肥猪生长性能、屠宰性能、抗氧化功能和肉品质的影响。选用体况良好、平均体重为（65.40±1.63） kg 的“杜×长×大”三元杂交育肥猪 144 头，随机分为 4 个组，每组 6 个重复，每个重复 6 头猪。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 3%、6%和 9%辣木叶的试验饲粮。预试期 7 d，正试期 45 d。结果表明：1）与对照组相比，6%辣木叶组育肥猪的终末体重和平均日增重显著提高（P<0.05），3%和 6%辣木叶组育肥猪的料重比显著降低（P<0.05）。2）与对照组相比，6%辣木叶组育肥猪的胴体直长显著增加（P<0.05），6%辣木叶组育肥猪的背膘厚度显著降低（P<0.05）。3）与对照组相比，6%和 9%辣木叶组育肥猪的血清超氧化物歧化酶（SOD）活性显著提高（P<0.05），3%、6%和 9%辣木叶组育肥猪的血清丙二醛含量显著降低（P<0.05）。4）饲粮中添加辣木叶对育肥猪肌肉干物质、粗蛋白质和粗脂肪含量无显著影响（P>0.05）。与对照组相比，6%和 9%辣木叶组育肥猪的肌肉 SOD 活性和总抗氧化能力显著提高（P<0.05）。综上所述，饲粮中添加辣木叶可以提高育肥猪的生长性能和抗氧化功能，改善肉品质。本试验条件下，辣木叶适宜添加水平为 6%。

关键词：辣木叶；生长性能；抗氧化功能；肉品质

中图分类号：S828

目前，我国传统蛋白质饲料资源严重短缺且价格昂贵，已成为制约畜牧业发展的主要因素。因此，寻求价廉、高产与高效的新型蛋白质饲料以完全或部分替代传统蛋白质饲料，成为动物营养学者研究的热点。辣木为辣木科（Moringaceae）辣木属（*Moringa* Adans.）多年生植物，原产于印度北部喜马拉雅区域及非洲，为多用途速生乔木树种，是一种多年生速生树，种植 6 个月后即可开花结实[1]。目前，已有 30 多个国家对辣木进行引种栽培，我国也从印度、缅甸等地引进种子和栽培技术，在广东、广西、海南、四川和云南等地大规模种植，已形成了规模化的原料种植基地[2]。辣木产量高，鲜重年产量约为 126 t/hm^2[3]；干重年产量为 10.4~24.7 t/hm^2[4]。辣木耐干旱，可在贫瘠地区生存，是一

收稿日期：2017-07-11
基金项目：北京市生猪产业创新团队专项（GWZJ-2017-08）
作者简介：张婷婷（1985-），女，山东济南人，博士，研究方向为反刍动物营养。E-mail: tingting5_2_0@163.com
*通信作者：刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

种不与粮食争土地的资源[5]。辣木的叶片、嫩荚、嫩芽、花朵、嫩茎和根均可食用，其富含多种矿物质、维生素和药理活性成分，是药食同源的植物，其营养价值和药用价值已被广泛证实并正被开发利用。辣木种子的含油量很高，辣木油是一种对人体健康极为有利的功能食用油，另外，辣木种子含有活性凝结成分，有净化水的特殊功能[6]，因此辣木又被誉为“神奇之树”和“植物中的钻石”。

辣木叶富含维生素 A、维生素 B、维生素 C，蛋白质以及钙、钾、铁等矿物质。100 g 辣木叶干粉含粗蛋白质 27.1 g，碳水化合物 38.2 g，粗脂肪 2.3 g，水分 7.5 g，膳食纤维 19.2 g，维生素 A 16.3 mg，维生素 B_1 2.6 mg，维生素 B_2 20.5 mg，维生素 E 113 mg，烟酸 8.2 mg，维生素 C 17.3 mg，钙 2 000.3 mg，磷 204 mg，钾 1 324 mg，铁 28.2 mg[7-8]。近年来，辣木作为传统蛋白质饲料替代物添加到饲料中饲喂鸡、牛、羊等动物，均取得了良好的效果。Kakengi 等[9]研究发现，用辣木叶替代蛋鸡饲粮中葵花籽粉作为蛋白质源，并对饲料采食量、干物质采食量、蛋鸡重量、产卵率及饲料转化率进行统计分析得出，辣木叶粉可替代饲粮中 20%的葵花籽粉且不产生任何负面影响，当替代比例为 10%时辣木叶粉的利用率最高，为适宜添加量。Sánchez 等[10]研究发现，在以臂形草为基础饲粮的饲粮中添加辣木叶粉，不仅可以提高奶牛的干物质采食量，并且干物质、有机物、粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维的表观消化率以及牛奶产量均显著提高。Aregheore[11]将不同比例辣木叶和芒鸭嘴草混合饲喂山羊，研究发现，20%和 50%的辣木叶添加水平效果比较好，在此添加水平下山羊的平均日增重、干物质采食量以及粗蛋白质、中性洗涤纤维的消化率均显著提高。但有关猪饲粮中添加辣木叶的研究还未见报道，使辣木叶作为传统蛋白质饲料的替代物在养猪生产中的应用受到限制。因此，本试验旨在研究饲粮中添加不同水平的辣木叶对育肥猪生长性能、屠宰性能、抗氧化功能和肉品质的影响，为辣木叶在养猪生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

辣木叶由世纪爱心国际投资集团有限公司提供。待辣木长至约 1.5 m 时进行收割，收割的鲜样进行烘干处理，烘干后把叶片从主干上剥离，然后进行粉碎，粉碎后的辣木叶装袋待用。经过测定，本研究所用辣木叶常规营养成分如下：干物质 86.7%，粗蛋白质 22.0%，粗脂肪 9.42%，粗灰分 13.7%，中性洗涤纤维 41.0%，酸性洗涤纤维 17.9%，消化能 16.0 MJ/kg，其中消化能为计算值，其余均为实测值。

1.2 试验设计与饲粮

试验采用单因素随机区组设计，选用 144 头体重相近健康的“杜×长×大”三元杂交育肥猪，随机分为 4 个组，每组 6 个重复，每个重复 6 头猪。试验采用玉米-豆粕型基础饲粮，参照 NRC（1998）和我

国《猪饲养标准》（2004）生长育肥猪营养需要，并结合所在猪场生产实际配制成粉状饲粮，各组饲粮保持能量和蛋白质水平基本一致，试验饲粮组成及营养水平见表 1。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 3%、6%和 9%辣木叶的试验饲粮。预试期 7 d，正试期 45 d。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	辣木叶添加水平 *Moringa* leaf supplemental level/%			
	0 (对照 Control)	3	6	9
原料 Ingredients				
玉米 Corn	63.28	63.65	62.27	61.20
豆粕 Soybean meal	17.72	15.85	14.73	13.80
麸皮 Wheat bran	15.00	13.50	13.00	12.00
辣木叶 *Moringa* leaf		3.00	6.00	9.00
预混料 Premix[1)]	4.00	4.00	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]				
干物质 DM	87.63	87.54	87.47	87.39
粗蛋白质 CP	14.87	15.02	14.93	15.10
粗脂肪 EE	4.57	4.22	4.09	3.89
粗灰分 Ash	5.10	5.40	5.71	6.01
中性洗涤纤维 NDF	11.24	11.91	12.79	13.57
酸性洗涤纤维 ADF	3.67	4.01	4.42	4.79
消化能 DM/（MJ/kg）	13.40	13.40	13.40	13.40

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets：VA 6 400 IU，VD_3 2 000 IU，VE 30 IU，VK_3 3 mg，VB_{12} 0.03 mg，VB_2 5.5 mg，烟酸 nicotinic acid 27 mg，泛酸 pantothenic acid 14

mg，叶酸 folic acid 0.68 mg，VB_1 0.8 mg，VB_6 0.8 mg，生物素 biotin 0.05 mg，Zn 90 mg，Mn 30 mg，Fe 100 mg，Cu 20 mg，I 0.40 mg，Se 0.30 mg。

2) 消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

各组试验猪舍为半敞开式建筑模式，水泥地面圈养，在整个试验期，试验猪自由采食和饮水，按猪场常规程序进行免疫，猪舍进行定期消毒，每天清扫圈舍，保持圈内清洁干爽，舍内自然通风。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能

分别于试验开始和结束的当天晨饲前逐栏称重，记录初始体重和结束体重，计算平均日增重；同时试验期间每天记录采食量，试验结束后结算各组消耗饲料，计算平均日采食量；根据平均日增重和平均日采食量计算料重比。

1.4.2 屠宰性能

饲养试验结束后，从每个重复中选取体重相近的猪各 1 头，在禁食 12 h 后称量宰前活重，随后进行屠宰。屠宰流程严格按照我国《生猪屠宰操作规程》（GB/T 17236-2008）进行。随后测量胴体重、胴体直长、胴体斜长，测量肩部最厚处、胸腰椎结合处和腰荐椎结合处 3 点背膘厚，计算屠宰率和平背膘厚度。

1.4.3 血清抗氧化指标

于试验结束前 1 天，每个重复选择 1 头猪进行静脉采血并分离血清，血清在-20 ℃条件下保存备测。血清抗氧化指标采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定，测定指标包括血清超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性和丙二醛（MDA）含量以及总抗氧化能力（T-AOC）。

1.4.4 肉品质及抗氧化指标

屠宰后取背最长肌中间部分，测定肌肉粗蛋白质和粗脂肪含量。随后将背最长肌切成小的颗粒装于培养皿中，称重，放于冷冻干燥器中，等肉样绝干后取出，称重，计算肌肉干物质含量。经过冷冻干燥后的肌肉样品测定其抗氧化指标，采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定，测定指标包括肌肉 SOD、GSH-Px 活性和 MDA 含量以及 T-AOC。

1.5 数据统计分析

试验数据采用 Excel 2007 进行整理，采用 SAS 9.2 统计软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），采用 Duncan 氏多重比较法进行差异显著性分析，P<0.05 作为差异显著的判断标准。

2 结果与分析

2.1 辣木叶对育肥猪生长性能的影响

由表 2 可知，饲粮中添加辣木叶对育肥猪的终末体重、平均日增重和料重比有显著影响（P<0.05）。与对照组相比，3%、6%和 9%辣木叶组育肥猪的平均日增重分别提高了 5.05%（P>0.05）、14.14%（P<0.05）和 4.04%（P>0.05），3%和 6%辣木叶组育肥猪的料重比均显著降低（P<0.05）。辣木叶对育肥猪的平均日采食量无显著影响（P>0.05）。

表 2 辣木叶对育肥猪生长性能的影响

Table 2 Effects of *Moringa* leaf on growth performance of finishing pigs （n=6）

项目 Items	辣木叶添加水平 *Moringa* leaf supplemental level/%				SEM	*P* 值 *P*-value
	0 (对照 Control)	3	6	9		
初始体重 IBW/kg	64.3	65.0	66.6	65.7	1.63	0.99
终末体重 FBW/kg	108.7^{b}	111.8^{ab}	117.4^{a}	111.8^{ab}	3.2	0.04
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.99^{b}	1.04^{ab}	1.13^{a}	1.03^{ab}	0.03	0.04
平均日采食量 ADFI/(kg/d)	3.19	3.16	3.37	3.52	0.13	0.17
料重比 F/G	3.22^{b}	3.04^{c}	2.98^{c}	3.42^{a}	0.04	<0.01

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 辣木叶对育肥猪屠宰性能的影响

由表 3 可知，与对照组相比，3%、6%和 9%辣木叶组育肥猪的胴体直长分别提高了 2.35%（P>0.05）、3.17%（P<0.05）和 1.13%（P>0.05），3%、6%和 9%辣木叶组育肥猪的背膘厚度分别降低了 4.25%（P>0.05）、10.13%（P<0.05）和 4.58%（P>0.05）。饲粮中添加辣木叶对育肥猪的胴体重、屠宰率、胴体斜长无显著影响（P>0.05）。

表 3 辣木叶对育肥猪屠宰性能的影响

Table 3 Effects of *Moringa* leaf on slaughter performance of finishing pigs （n=6）

项目 Items	辣木叶添加水平 *Moringa* leaf supplemental level/%				SEM	*P* 值 *P*-value
	0 (对照 Control)	3	6	9		
胴体重 Carcass weight/kg	83.4	90.5	89.9	86.0	2.9	0.38
屠宰率 Slaughter rate/%	73.2	74.6	73.1	73.1	0.1	0.23
胴体直长 Carcass straight length/cm	97.7^{b}	100.0^{ab}	100.8^{a}	98.8^{ab}	0.9	0.04
胴体斜长 Carcass oblique length/cm	84.2	86.3	87.0	85.3	1.1	0.30
背膘厚度 Backfat thickness/cm	3.06^{a}	2.93^{ab}	2.75^{b}	2.92^{ab}	0.1	0.04

2.3 辣木叶对育肥猪血清抗氧化指标的影响

由表 4 可知，与对照组相比，6%和 9%辣木叶组育肥猪的血清 SOD 活性显著提高（P<0.05），3%、6%和 9%辣木叶组育肥猪的血清 MDA 含量显著降低（P<0.05）。饲粮中添加辣木叶对育肥猪的血清 GSH-Px 活性以及 T-AOC 无显著影响（P>0.05）。

表 4 辣木叶对育肥猪血清抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of *Moringa* leaf on serum antioxidant indices of finishing pigs （n=6）

项目 Items	辣木叶添加水平 *Moringa* leaf supplemental level/%				SEM	*P* 值 *P*-value
	0 (对照 Control)	3	6	9		

超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	49.53[b]	57.68[ab]	63.74[a]	63.15[a]	3.52	0.04
总抗氧化能力 T-AOC/(U/L)	10.73	10.82	11.52	10.95	0.23	0.48
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	908.6	918.6	940.5	921.2	20.3	0.73
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	5.61[a]	4.86[b]	4.89[b]	4.90[b]	0.20	0.04

2.4 辣木叶对育肥猪肉品质和抗氧化指标的影响

由表 5 可知，饲粮中添加辣木叶对育肥猪肌肉干物质、粗蛋白质和粗脂肪含量无显著影响（*P*>0.05）。

表 5 辣木叶对育肥猪肉品质的影响

Table 5 Effects of *Moringa* leaf on meat quality of finishing pigs （*n*=6） %

项目 Items	辣木叶添加水平 *Moringa* leaf supplemental level/%				SEM	*P* 值 *P*-value
	0 (对照 Control)	3	6	9		
干物质 DM	28.7	28.9	28.5	28.6	0.27	0.73
粗蛋白质 CP	22.7	23.1	22.7	23.0	0.44	0.87
粗脂肪 EE	2.08	2.02	2.06	2.12	0.10	0.91

由表 6 可知，与对照组相比，6%和 9%辣木叶组育肥猪的肌肉 SOD 活性以及 T-AOC 显著提高（*P*<0.05）。饲粮中添加辣木叶对育肥猪的肌肉 GSH-Px 活性和 MDA 含量没有显著影响（*P*>0.05）。

表 6 辣木叶对育肥猪肌肉抗氧化性能的影响

Table 6 Effects of *Moringa* leaf on meat antioxidant indices of finishing pigs （*n*=6）

项目 Items	辣木叶添加水平 *Moringa* leaf supplemental level/%				SEM	*P* 值 *P*-value
	0 (对照 Control)	3	6	9		
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg)	6.55[c]	6.76[bc]	7.55[a]	7.32[ab]	0.21	0.01
总抗氧化能力 T-AOC/(U/g)	0.77[b]	0.82[b]	0.89[a]	0.90[a]	0.02	<0.01
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg)	107.6	110.3	115.4	112.4	3.12	0.42
丙二醛 MDA/(nmol/mg)	0.61	0.59	0.54	0.56	0.03	0.22

3 讨 论

3.1 辣木叶对育肥猪生长性能和屠宰性能的影响

目前，饲粮中添加辣木叶在禽类、奶牛和羊上的研究比较多，但在猪上研究较少。Sarwatt 等[12]报道，辣木叶粉替代奶牛饲粮中 40%棉籽粕时，可以提高奶牛产奶量。而 Mendieta-Araica 等[13]在饲粮等蛋白质等能的基础上用辣木叶粉替代奶牛混合精料中的豆粕后发现，奶牛蛋白质消化率降低，但是奶牛产奶量和牛奶品质均无显著差异。因此，辣木叶粉在等蛋白质等能基础上可替代豆粕作为奶牛饲粮中的蛋白质源。近年来，高产奶牛饲养中瘤胃酸中毒病症普遍存在，该病不仅可直接影响奶牛的生产、繁殖性能，还会诱发其他疾病甚至死亡，给养殖者造成严重的经济损失[14]。Hoffmann 等[15]利用体外模拟瘤胃发酵技术研究了辣木籽粗提物对奶牛瘤胃发酵的影响，结果表明辣木籽粗提物可延迟蛋白质消化，从而降低了瘤胃酸中毒的发生率。同时，Moyo 等[16]研究发现，在等蛋白质等能基础上，用辣木叶粉替代山羊饲粮中部分葵花籽粕将可明显改善山羊生长性能和胴体品质。Gadziray 等[17]将辣木叶粉加入豆粕型基础饲粮中饲喂雏鸡和成年肉鸡，结果显示辣木叶粉对雏鸡和成年肉鸡采食量无显著影响，但是提高了其饲料转化率，辣木叶粉的适宜添加水平为 25%，这说明辣木叶粉作为豆粕的替代物对肉鸡生长性能同传统蛋白质饲料的功效相近。但是，辣木叶用于养猪生产中研究还未见报道，本研究发现，在育肥猪饲粮中添加辣木叶，可以提高育肥猪的平均日增重，降低料重比，由此说明，辣木叶可以作为传统蛋白质饲料替代品在育肥猪饲粮中替代豆粕，辣木叶的适宜添加水平为 6%。

现阶段，关于辣木饲喂动物的研究主要关注其对生长性能的影响，饲粮中添加辣木叶对屠宰性能的研究还未见报道，本研究发现，饲粮中添加辣木叶对育肥猪屠宰率无显著影响，同时显著降低育肥猪的背膘厚度，这可能与辣木可以调节动物体内脂肪代谢有关，Kholif 等[18]研究发现，在山羊饲粮中添加辣木叶可以显著降低血清中胆固醇的含量，调节山羊脂肪代谢。

3.2 辣木叶对育肥猪血清抗氧化指标的影响

机体的抗氧化系统主要由链式反应阻断剂和抗氧化酶组成，这 2 类物质协同维持体内自由基生成与清除的平衡。GSH-Px 是清除体内过氧化氢（H_2O_2）和许多有机氢过氧化物的重要物质。SOD 是能够有效清除超氧化物阴离子自由基的一类重要的抗氧化酶，可以防止自由基对生物膜和细胞质造成损伤。MDA 是脂质过氧化反应链式终止阶段产生的小分子产物，它通过生物膜中多不饱和脂肪酸的过氧化作用引起细胞损伤，所以血清 MDA 含量能反映机体脂质过氧化的程度，从而间接地反映出细胞损伤的程度[19]。T-AOC 的高低代表整个机体的抗氧化能力的高低，是机体抗氧化能力的标志。本研究中，饲粮中添加辣木叶可以提高血清 SOD 的活性，显著降低了血清 MDA 的含量，由此说明，辣木叶可以提高育肥猪的抗氧化能力，而动物抗氧化能力的提高，对动物保持机体的健康具有非常重要的意义。

3.3 辣木叶对育肥猪肌肉抗氧化指标的影响

肉中含有较高的不饱和脂肪酸，极易引发自由基自动催化的脂肪氧化，从而增加滴水损失，加速肉品失色，形成异味物质。脂质过氧化的终产物是 MDA，它能够使膜脂与膜蛋白相互交联，从而使膜蛋白构象发生改变，进而引起膜蛋白失活，影响细胞的各种功能。肌肉 MDA 含量作为评价肉类食品在贮藏过程中氧化变质程度和安全性的重要指标，在西方国家已经普遍使用，是评价生肉鲜度的重要指标。除此之外，细胞内还存在着许多自由基清除系统，使机体始终处于一种动态平衡状态。SOD 专门清除体内的超氧阴离子自由基，是生物体内对抗氧自由基的一种最重要的抗氧化酶[20]，他的主要作用是歧化氧自由基生成 H_2O_2，对机体的氧化和抗氧化平衡起重要作用。肌肉 SOD 活性的高低可以反映阻止肌肉脂质氧化反应进行的能力，进而影响肉品质及其货架期[21]。GSH-Px 主要存在于生物体的线粒体和细胞液中，与 SOD 相同，GSH-Px 同样也是动物机体内非常重要的一种抗氧化酶，它的主要生理功能是清除 H_2O_2 和脂质过氧化物，在发生反应的过程中还原性谷胱甘肽将作为还原性物质专门提供氢离子（H^+）。T-AOC 反映的是酶的和非酶的抗氧化防卫系统能力，因此，肌肉的 T-AOC 可以表明肌肉的抗氧化防卫能力。目前，关于辣木叶对育肥猪肌肉抗氧化指标影响的研究还未见报道。本试验中，饲粮中添加辣木叶可以提高肌肉 SOD 活性和 T-AOC，表明辣木叶可以提高猪肉的抗氧化能力，从而延长其保鲜期和货架期，对延长肌肉的储存时间具有重要意义。

4 结 论

饲粮中添加辣木叶可以提高育肥猪的平均日增重，降低胴体的背膘厚度，同时提高猪肉的抗氧化能力以及改善肉品质。本试验条件下，辣木叶适宜添加水平为 6%。

参考文献：

[1] 张德,龙会英,郑益兴,等.不同种植密度和栽培管理对辣木农艺性状的影响[J].西南农业学报,2014,27(5):1870–1873.

[2] 段琼芬,刘飞,罗金岳,等.辣木籽油的超临界 CO_2 萃取及其化学成分分析[J].中国油脂,2010,35(2):76–79.

[3] ABDULKARIM S M,LONG K,LAI O M,et al.Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils[J].Food Chemistry,2007,105(4):1382–1389.

[4] SÁNCHEZ N R,LENDIN S,LEDIN I.Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in nicaragua[J].Agroforestry Systems,2006,66(3):231–242.

[5] 罗云霞,陆斌,石卓功.辣木的特性与价值及其在云南引种发展的景况[J].西部林业科学,2006,35(4):137–140.

[6] 张燕平,段琼芬,苏建荣.辣木的开发与利用[J].热带农业科学,2004,24(4):42–48.

[7] 董小英,唐胜球.辣木的营养价值及生物学功能研究[J].广东饲料,2008,17(9):39–41.

[8] MAKKAR H P S,BECKER K.Nutrients and anti-quality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree[J].Journal of Agricultural Sciences,1997,128(3):311–322.

[9] KAKENGI A M V,KAIJAGE J T,SARWATT A V,et al.Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania[J/OL].Livestock Research for Rural Development,2007,19(8).http://www.lrrd.org/lrrd19/8/kake19120.htm.

[10] SÁNCHEZ N R,SPÖRNDLY E,LEDIN I.Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake,digestibility,milk production and composition[J].Livestock Science,2006,10(1/2/3):24–31.

[11] AREGHEORE E M.Intake and digestibility of *Moringa oleifera*-batiki grass mixtures by growing goats[J].Small Ruminant Research,2002,46(1):23–28.

[12]SARWATT S V,MILANG'HA M S,LEKULE F P,et al.*Moringa oleifera* and cottonseed cake as supplements for small holder dairy cows fed Napier grass[J].Livestock Research for Rural Development,2004,16(6)：13-20.

[13] MENDIETA-ARAICA B,SPÖRNDLY E,REYES-SÁNCHEZ N,et al.Feeding *Moringa oleifera* fresh or ensiled to dairy cows-effects on milk yield and milk flavor[J].Tropical Animal Health and Production,2011,43(5):1039–1047.

[14] SHAVER R D.Rumen acidosis in dairy cattle:bunk management considerations[D].Doctoral thesis.Uppsala:Swedish University of Agricultural Science,2011:1–58.

[15] HOFFMANN E M,MUETZEL S,BECKER K.Effects of Moringa oleifera seed extract on rumen fermentation *in vitro*[J].Archives of Animal Nutrition,2010,57(1):65–81.

[16] MOYO B,MASIKA P J,MUCHENJE V.Effect of supplementing crossbred Xhosa lop-eared goat castrates with *Moringa oleifera* leaves on growth performance,carcass and non-carcass characteristics[J].Tropical Animal Health and Production,2012,44(4):801–809.

[17] GADZIRAY C T,MASAMHA B,MUPANGWA J F,et al.Performance of broiler chickens fed on mature *Moringa oleifera* leaf as a protein supplement to soybean meat[J].International Journal of Poultry Science,2012,11(1):5–10.

[18] KHOLIF A E,GOUDA G A,MORSY T A,et al.*Moringa oleifera* leaf meal as a protein source in lactating goat’s diets:Feed intake,digestibility,ruminal fermentation,milk yield and composition,and its fatty acids profile[J].Small Ruminant Research,2015,129:129–137.

[19] 刘汝祥,侯明海,李彦芹,等.不同维生素 A 水平对荷斯坦种公牛血液抗氧化指标的影响[J].西南农业学报,2008,21(3):798–801.

[20] 李华,曾勇庆,魏述东,等.猪宰后肌肉 SOD 与 MDA 的变化及其对肉质特性的影响[J].畜牧兽医学报,2010,41(3):257–261.

[21] HALESTRAP A P,DENTON R M.Insulin and the regulation of adipose tissue acetyl-coenzyme Acarboxylase[J].Biochemical Journal,1973,132(3):509–517

Effects of *Moringa* Leaf on Growth Performance, Slaughter Performance, Antioxidant Function and Meat Quality of Finishing Pigs[2]

ZHANG Tingting[1] ZHANG Bo[2] SI Bingwen[1] ZHANG Naifeng[1] TU Yan[1] ZHOU Chaolong[3] DIAO Qiyu[1*]

(1. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*; 2. *College of Animal Sciences and Veterinary Medicines, Shanxi Agricultural University, Taigu* 030801, *China*; 3. *Century Love International Investment Group Co.. Ltd., Beijing* 100010, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary different supplemental levels of *Moringa* leaf on growth performance, slaughter performance, antioxidant function and meat quality of finishing pigs. A total of 144 cross-bred (Duroc×Landrace×Yorkshire) finishing pigs with a similar initial weight of (65.40±1.63) kg were selected and randomly allotted into 4 groups with 6 replicates per group and 6 pigs per replicate. Pigs in the control group were fed a basal diet, and the others in the experimental groups were fed the basal diets supplemented with 3%, 6% and 9% *Moringa* leaf, respectively. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 45 days. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the final body weight and average daily gain of finishing pigs in 6% group were significantly increased (P<0.05), the ratio of feed to gain of finishing pigs in 3% and 6% groups was significantly decreased (P<0.05). 2) Compared with the control group, the carcass straight length of finishing pigs in 6% group was significantly increased (P<0.05), the backfat thickness of finishing pigs in 6% group was significantly decreased (P<0.05). 3) Compared with the control group, the serum superoxide dismutase (SOD) activity of finishing pigs in 6% and 9% groups was significantly increased (P<0.05), the serum malondialdehyde content of finishing pigs in 3%, 6% and 9% groups was

*Corresponding authors, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn　　（责任编辑　武海龙）

significantly decreased (*P*<0.05). 4) Dietary *Moringa* leaf had no significant effects on the contents of dry matter, crude protein and ether extract of finishing pigs （*P*>0.05）. Compared with the control group, the meat SOD activity and total antioxidant capacity of finishing pigs in 6% and 9% groups were significantly increased (*P*<0.05). In conclusion, dietary *Moringa* leaf can increase the growth performance and antioxidant function, and improve the meat quality. The suitable supplemental level of *Moringa* leaf is 6%.

Key words: *Moringa* leaf; growth performance; antioxidant function; ment quality